

Desain dan Implementasi Konverter KY dengan Zero Voltage Switching

Rahadian Al Kautsar, Dedet C. Riawan dan Sjamsjul Anam

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: Dedet.riawan@ee.its.ac.id & Sjamsjul@ee.its.ac.id

Abstrak—Dalam tugas akhir ini, sebuah Konverter KY diperkenalkan sebagai alternatif pilihan penggunaan konverter yang semakin luas. Konverter KY ini bekerja sebagai *Voltage-Boosting Converter* yaitu meningkatkan tegangan *output*-nya. Dipilihnya konverter ini dikarenakan lebih banyak di bandingkan dengan konverter konvensional lainnya yaitu dapat menaikkan tegangan secara maksimal, sehingga penggunaan konverter ini sangat cocok sebagai suplai pada perangkat *charger*, namun penggunaan konverter ini dengan metode konvensional akan memunculkan *ripple* tegangan *output* dan *noise* yang tinggi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dalam tugas akhir ini akan diterapkan metode *soft switching* pada konverter jenis ini, sehingga di harapkan dapat meningkatkan efisiensi dan dari Konverter KY dalam aplikasi yang sesungguhnya. Dan berdasar pada hasil yang diperoleh, penerapan metode Zero Voltage Switching ini dapat menekan switching losses hingga 55%.

Kata Kunci— Konverter KY, Zero Voltage Switching

I. PENDAHULUAN

KONVERTER adalah perangkat yang mutlak digunakan sebagai suplai dalam berbagai macam peralatan komputer, telekomunikasi, dan perangkat elektronik lainnya. Salah satu contohnya adalah men-supply peralatan *portable* seperti telepon genggam, *MPEG-3 (mp3) players*, dan yang lainnya. Untuk aplikasi seperti di atas, *ripple* dan *noise* tegangan keluaran harus benar-benar diperhatikan.

Pada sebuah konverter konvensional misalnya, arus keluarannya yang bergelombang menyebabkan keluaran tegangan sekaligus *ripple* tegangannya membesar. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak tersebut adalah menambahkan kapasitor dengan *equivalent series resistance (ESR)* yang rendah, menambahkan rangkaian *filter* induktor-kapasitor (LC), atau menaikkan *switching* frekuensi. Namun dengan metode tersebut berdampak pada peningkatan biaya serta bertambahnya *noise*. Selanjutnya, diperkenalkanlah metode Zero Voltage Switching sebagai solusi dari permasalahan tersebut[1].

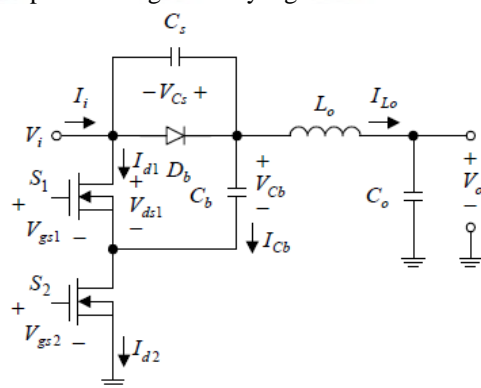
Konverter KY yang lebih sering disebut dengan nama konverter *1-plus-D* akan diterapkan pada tugas akhir kali ini, akan selalu beroperasi pada mode *constant current (CCM)* dan memiliki kemampuan yang baik seperti *ripple* *output* tegangan yang kecil, respon cepat, kontrol stabilitas yang tinggi, dll. Namun dalam pengerjaannya konverter KY ini akan membutuhkan metode *switch* yang cukup rumit. Dalam

rangka untuk meningkatkan efisiensi dari tegangan yang disalurkan ke beban, untuk mengurangi stress akibat dari dampak pembebanan pada komponen, serta untuk mengurangi interferensi magnetik (EMI), metode *soft switching* akan diterapkan pada konverter KY tersebut. Topologi dari *soft switching* yang akan diterapkan sangatlah sederhana. Hanya membutuhkan satu tambahan kecil kapasitor, dan ini tidak akan merubah bentuk dasar skematik dari konverter KY. Efektifitas dari penggunaan metode *soft switching* akan ditunjukkan melalui analisa dan simulasi, bersama dengan beberapa hasil eksperimen[1].

II. KONVERTER KY DENGAN ZERO VOLTAGE SWITCHING

A. Konfigurasi Sistem

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, berikut ini adalah konverter KY dengan teknik *soft switching* yang akan diterapkan. Konverter Ky ini pada dasarnya terdiri dari dua buah *n-channel MOSFET* untuk *switch* S1 dan *switch* S2, sebuah diode, sebuah kapasitor untuk mentransfer energi dan memiliki kemampuan yang cukup besar untuk menjaga agar tegangan tetap konstan pada nilai tertentu, sebuah induktor, dan sebuah kapasitor *output*, dan untuk teknik *soft switching* yang akan diterapkan maka ditambahkan sebuah kapasitor dengan nilai yang tidak terlalu besar.



Gambar 1 Konverter KY dengan Zero Voltage Switching.

Ada beberapa parameter yang akan digunakan dan harus terlebih dulu ditentukan untuk bisa mendapatkan nilai dari komponen yang digunakan dalam rangkaian konverter KY dengan Zero Voltage Switching adalah sebagai berikut.

Untuk menentukan nilai induktor digunakan persamaan (1)

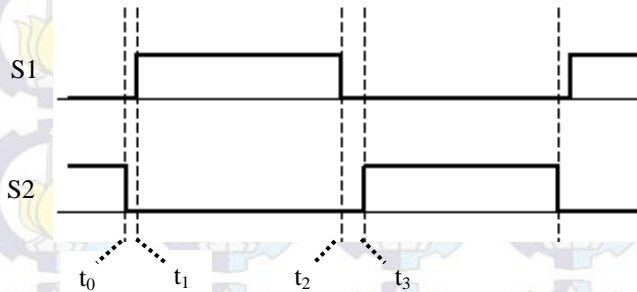
$$L \frac{di}{dt} = 2V_i - V_o \quad (1)$$

Selanjutnya untuk menentukan nilai kapasitor C_s digunakan persamaan (2)

$$C = \frac{0.5 I_o t_{d1}}{V_i} \quad (2)$$

Sedangkan untuk nilai komponen yang lainnya seperti C_b , seperti yang telah dijelaskan diatas, nilainya harus cukup besar agar dapat menjaga nilai tegangan dari V_{cb} tetap konstan disesuaikan dengan beban yang di suplai.

Terdapat dua buah *dead time* diantara switching kedua mosfet. Yang pertama adalah t_{d1} yang mana merupakan waktu antara S_1 saat *turn off* dengan S_2 saat *turn on* dengan nilai sama dengan t_3 dikurangi dengan t_2 . Dan *dead time* yang kedua adalah waktu antara S_2 saat *turn off* dengan S_1 saat *turn on* dengan nilai sama dengan t_1 dekurangi dengan t_0 . Untuk keterangan lebih lanjut mengenai *dead time* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.



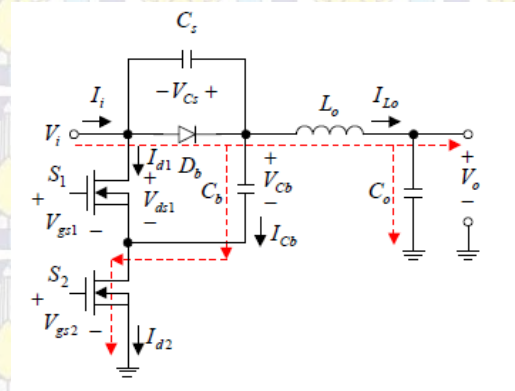
Gambar 2 Switching S_1 dan S_2

B. Soft Switching

Switch S_1 dan S_2 bekerja secara bergantian namun pada keadaan yang sinkron. Apabila *Switch activation* sama dengan *off* maka hanya pada saat itulah V_{gs} pada MOSFET akan mengalirkan tegangan ke beban. Sedangkan pada saat *Switch activation* sama dengan *on* maka pada saat itu V_{gs} bernilai nol[3].

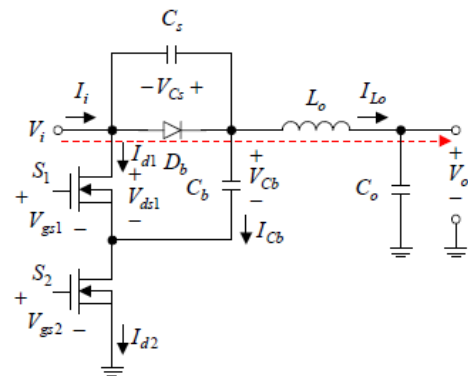
Terdapat empat langkah operasi yang dijalankan pada saat pengoperasian dari Konverter KY dengan *Zero Voltage Switching* ini. Langkah-langkah tersebut akan dijelaskan sebagai berikut:

State 1 : seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, S_1 akan di jaga dalam keadaan *off* dan S_2 dalam keadaan *on*. Pada keadaan ini, L_o akan demagnetisasi dan C_b akan terisi oleh V_i secara instan, dengan demikian tegangan pada C_r adalah nol. Terdapat dua buah aliran daya, yang pertama adalah dari *input* melalui D_b yang melewati L_o yang kemudian menuju ke *output*. Dan yang kedua adalah dari *input* melalui D_b yang kemudian melewati C_b menuju ke S_2 dan ke Ground. Begitu S_2 *turn off* maka selanjutnya akan menuju *state 2*[2].



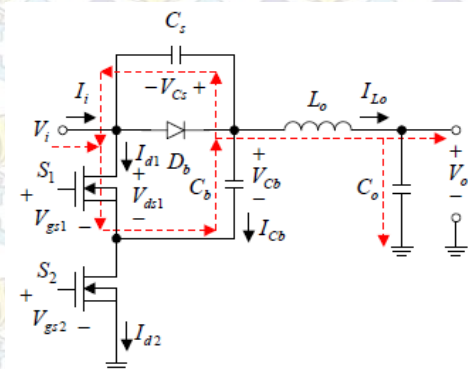
Gambar 3 Aliran daya dari *state 1*

State 2: seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, S_1 tetap pada keadaan *off* sedangkan S_2 yang semula *on* kini berubah menjadi *off*, pada keadaan ini induktor masih dalam keadaan demagnetisasi. Hanya terdapat satu aliran listrik, yaitu yang berasal dari *input* melalui D_b yang melewati L_o dan kemudian menuju *output*. Dan pada saat S_1 *turn on* maka akan dengan segera menuju *state 3*.



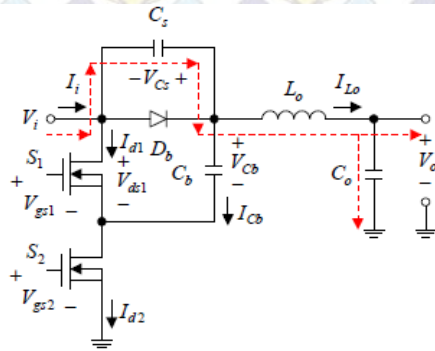
Gambar 4 Aliran daya dari *state 2*

State 3: seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5, S_1 berubah menjadi *on* sedangkan S_2 masih terus dalam keadaan *off*. Pada saat yang sama D_b akan *reverse bias*. Dalam keadaan ini L_o akan mengisi, C_b akan *discharge* dan C_s akan terisi oleh V_i secara instan. Ada dua buah aliran listrik, yang pertama adalah dari *input* melalui S_1 yang melewati C_b dan kemudian menuju L_o dan *output*. Sedangkan yang kedua adalah dari C_b melalui C_s dan kemudian menuju ke S_1 . Begitu S_1 *turn off* operasi akan segera menuju *state 4*.



Gambar 5 Aliran daya dari *state 3*

State 4: seperti yang digambarkan pada Gambar 2.8, S1 di berubah menjadi *off*, dan S2 juga tetap kondisi *off*. Dalam keadaan ini, arus yang mengalir melewati L_o dan C_s , oleh karena itu tegangan C_s menurun dari nilai V_i ke nol. Pada saat yang sama, tegangan S1 akan naik dari nilai nol menuju nilai V_i , sehingga menyebabkan S1 dimatikan dengan cara *Zero Voltage Switching*. Hanya terdapat satu aliran listrik, yaitu yang berasal dari *input* dari C_s melewati L_o dan kemudian menuju *output*. Begitu nilai tegangan di S1 adalah sama dengan V_i , S2 akan dihidupkan dengan *Zero Voltage Switching*. Setelah itu operasi akan kembali dimulai dari state 1[1].

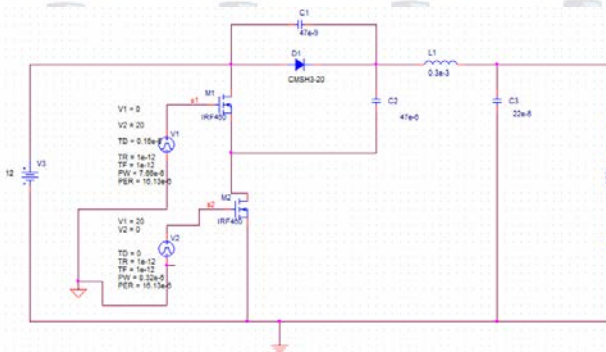


Gambar 6 Aliran daya dari state 4

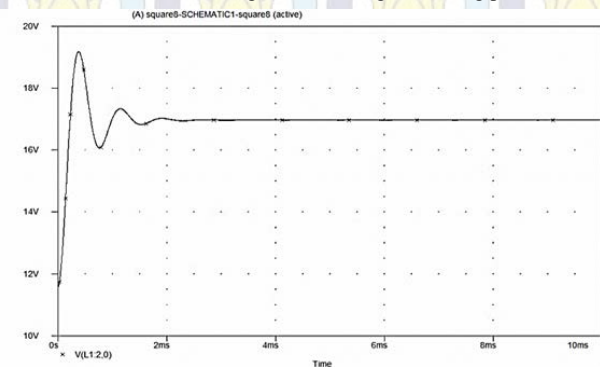
III. DESAIN SIMULASI DAN IMPLEMENTASI

A. Desain Simulasi

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari konverter KY dengan Zero Voltage Switching ini telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan yaitu dengan keluaran 17,5 V.

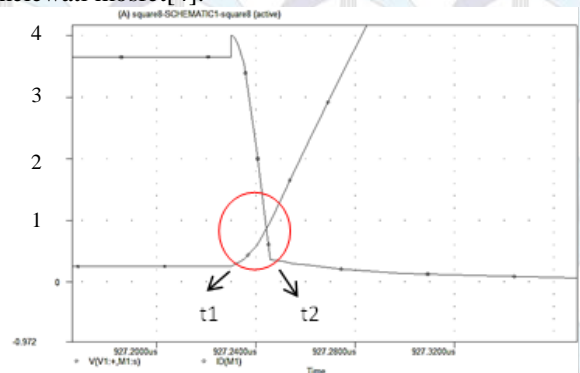


Gambar 6 Konverter KY dengan Zero Voltage switching pada PSpice



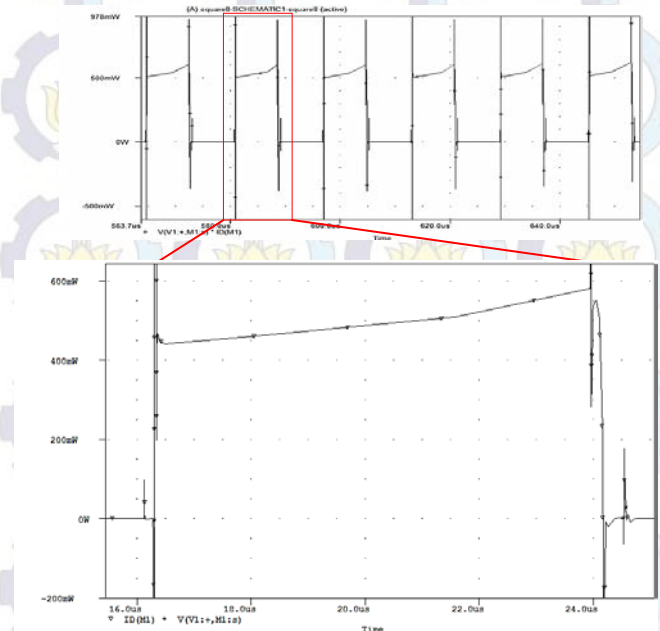
Gambar 7 Hasil output simulasi Konverter KY dengan Zero Voltage Switching

Untuk pembuktian lebih lanjut apakah soft switching yang diterapkan telah berjalan dengan baik maka terlebih dahulu harus dianalisa bentuk gelombang arus dan tegangan yang melewati mosfet[4].

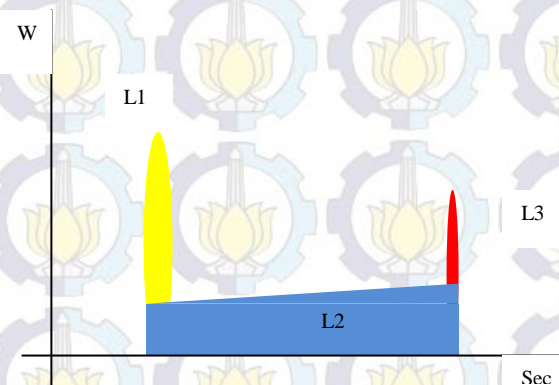


Gambar 8 Overlapping antara V & I dengan Zero Voltage Switching

Dari gambar diatas akan dapat dihitung seberapa besar *switching losses* yang terjadi pada simulasi Konverter KY dengan Zero Voltage switching dengan cara mengalikan kedua sinyal tersebut sehingga dihasilkan sinyal sebahagai berikut.



Gambar 9 Sinyal perkalian V & I dengan Zero Voltage Switching



Gambar 10 Permodelan luasan losses

$$L1 = \int_{t1}^{t2} (4x - x^2) dx \quad (3)$$

$$= \left[\frac{4}{1+1} x^{1+1} - \frac{1}{1+2} x^2 \right]_0^4$$

$$= 0,012 \text{ W}$$

$$L2 = \frac{1}{2} \times (0,76 + 0,84) \times 7,75 \quad (4)$$

$$= 2,859 \text{ W}$$

$$L3 = \int_{12}^{14} (24x - x^2) dx \quad (5)$$

$$= \left[\frac{24}{1+1} x^{1+1} - \frac{1}{1+2} x^3 \right]_{12}^{14}$$

$$= 1,004 \text{ W}$$

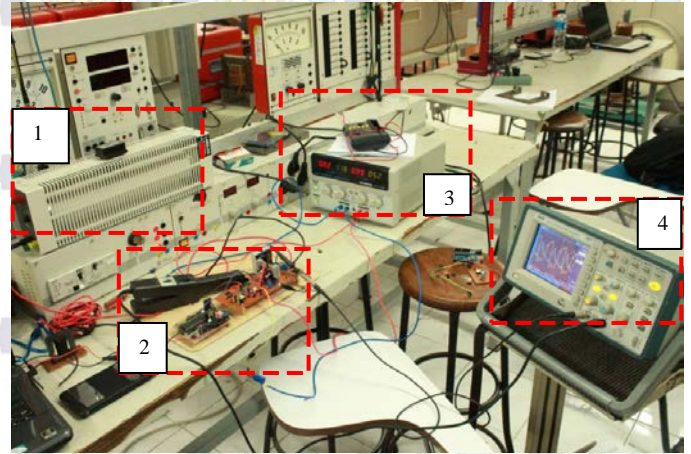
$$L_{\text{tot}} = L1 + L2 + L3 \\ = 3,875 \text{ W}$$

B. Desain Implementasi

Realisasi dari desain rangkaian Konverter KY dengan *Zero Voltage Switching* akan di buat dengan mengadaptasi atau terlebih dahulu menyesuaikan nilai-nilai dari komponen yang ada pada simulasi dengan nilai-nilai dari komponen yang tersedia di pasaran. Adapun komponen-komponen yang digunakan adalah sebagai berikut beserta nilai dari komponen yang diperlukan.

- Rangkaian *driver* MOSFET dan *totem pole*
 - 1 buah TLP 250
 - 1 buah resistor 330 ohm
 - 1 buah resistor 100 ohm
 - 1 buah resistor 1 K ohm
 - 1 buah kapasitor Elco 100 u 25 V
 - 1 buah kapasitor keramik nonpolar 100 n
 - Suplai DC 12 V
- Rangkaian Konverter KY dengan *Zero Voltage Switching*
 - 2 buah mosvet IRF 460
 - 1 buah dioda schottky CMSH3-20, 3 A
 - 1 buah kapasitor Tantalum 47 nF
 - 1 buah kapasitor Tantalum 47 uF
 - 1 buah kapasitor Tantalum 22 uF
 - 1 buah induktor 0.3 mH , 3 A
 - 1 resistor 5 ohm 10 Watt

Rangkaian *optocoupler* digunakan sebagai kopling atau penyekat antara tegangan rendah dan tegangan tinggi diantara PWM dengan konverter DC-DC. Sedangkan *totem pole* berfungsi untuk menguatkan arus dan penyulutan pada MOSFET. Di dalam desain *driver* ini digunakan opto tetapi juga dilengkapi oleh *totem pole* yang dapat *switching* pada frekuensi hingga 1 MHz dan juga cocok untuk *switching* MOSFET dengan kemampuan frekuensi dan tegangan yang tinggi, sehingga cocok sebagai *driver* untuk rangkaian Konverter KY.



Gambar 11 Realisasi rangkaian Konverter KY dengan *Zero Voltage Switching*

Keterangan:

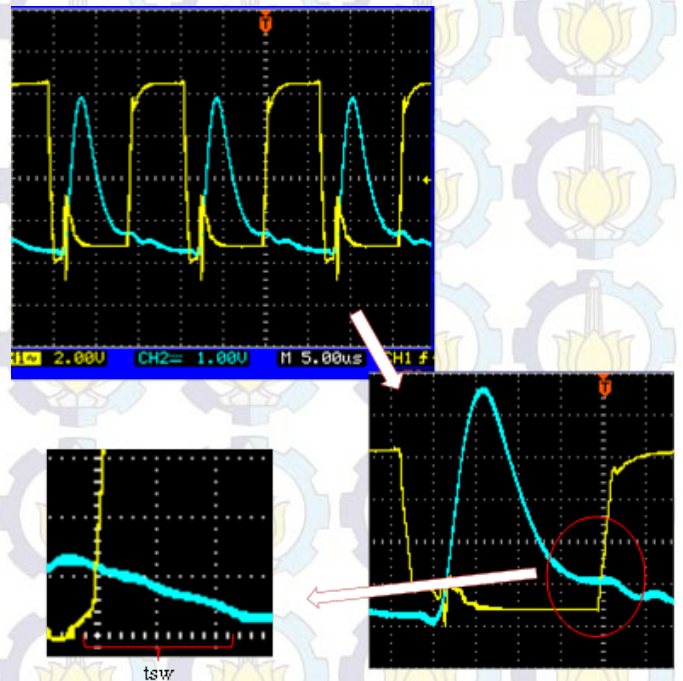
1. (Resistor)
2. (Rangkaian konverter KY dengan *Zero Voltage Switching*)
3. (DC Power Supply)
4. (Oscilloscope)

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM

A. Pengujian *Zero Voltage Switching*

Pada pengujian ini akan dilakukan pengukuran hasil implementasi konverter KY dengan menggunakan metode *Zero Voltage Switching* agar dapat di bandingkan dengan hasil simulasi yang telah dibuat.

Dari hasil yang didapat nantinya akan menjadi acuan bahwa metode *Zero Voltage Switching* ini sudah benar-benar bekerja.



Gambar 12 Hasil implementasi *overlapping* antara V & I

Dari Gambar 4.3 akan dapat dihitung seberapa besar *switching losses* yang terjadi pada implementasi Konverter

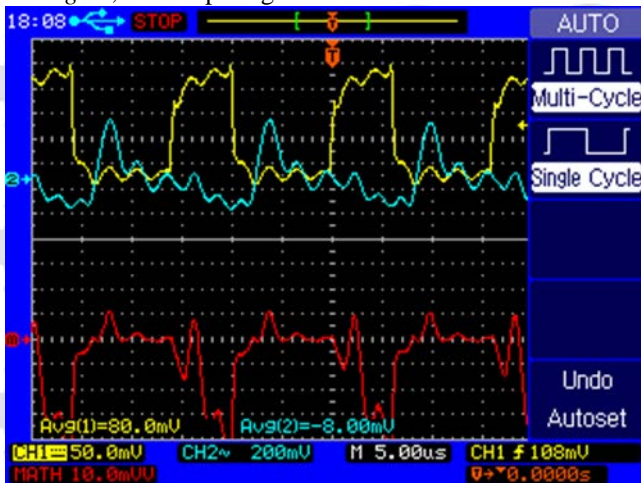
KY dengan *Zero Voltage switching* dengan cara pendekatan yaitu menghitung luasan daerah segitiga. Perhitungan tersebut antara lain:

$$P_{swloss} \approx f_{sw}(t_{sw}). \left(\frac{V_{in} I_{out}}{2} \right) \quad (6)$$

$$P_{swloss} \approx 62 \text{ kHz}(10 \mu s). \left(\frac{12 \text{ V} \cdot 3 \text{ A}}{2} \right)$$

$$P_{swloss} \approx 11,16 \text{ W}$$

Atau dengan melakukan pengukuran pengalihan kedua sinyal dengan menggunakan oscilloscope dan didapat nilai *average* 2,60 W seperti gambar berikut:

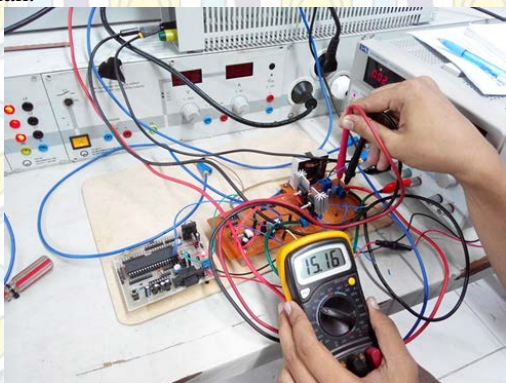


Gambar 13 Perkalian V & I pada oscilloscope

Dari gambar hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa, *switching losses* yang terjadi pada hasil implementasi sangat jauh lebih besar jika dibandingkan dengan *switching losses* yang terjadi pada hasil simulasi.

B. Pengujian Implementasi Tegangan Keluaran

Pada pengujian implementasi ini keseluruhan integrasi alat akan dijalankan dan akan dilihat hasil keluaran tegangannya apakah sudah sesuai yang diharapkan. Dari hasil yang didapat nantinya akan dilakukan analisa dan diambil kesimpulan.



Gambar 14 Pengujian keseluruhan alat

Dengan menggunakan perhitungan atau berdasarkan rumus yang ada :

Dengan dutycycle 55%

$$V_o = \frac{V_i}{1-D}$$

$$V_o = \frac{12}{1-55\%}$$

$$V_o = 18 \text{ Volt}$$

Dari hasil perhitungan diatas tegangan keluaran dari hasil pengujian implementasi mengalami penyusutan sejumlah 3 Volt. Setelah dilakukan analisa dan pengukuran ulang, hal ini disebabkan losses yang dialami tegangan pada saat melewati komponen yang memiliki nilai resistif seperti Diode, Capacitor dan Induktor yang tidak memiliki nilai Q yang baik.

V. KESIMPULAN

Sebuah metode *soft switching* sederhana yaitu *zero voltage switching* yang telah diimplementasikan dapat mengurangi *switching losses* pada konverter yang bekerja dengan frekuensi tinggi dalam hal ini jenis konverter KY. Hanya dengan menambah sebuah komponen kecil yaitu kapasitor dengan nilai 47nF, dengan menggunakan permodelan software PSPICE penerapan metode ini dapat mengurangi *losses* sebesar 4,9145 W per siklus, atau 55,91%.

Dengan frekuensi 62 kHz dan *duty cycle* sebesar 50% maka didapat tegangan sebesar 15,12 V dan arus sebesar 2,12 A. Dengan menggunakan *software* pemodelan PSPICE didapat output tegangan sebesar 17,5 V dan arus sebesar 2,32 A.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. I. Hwu and Y. T. Yau, "KY converter with Zero Voltage Switching," *IEEE Trans. Power Electron.*, 2009
- [2] K. I. Hwu and Y. T. Yau, "KY converter and its derivatives," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol.24, no. 1, pp. 128-137, 2009.
- [3] Andreyckak Bill, "Zero Voltage Switching Resonant Power Conversion", *unitrode application note*, Texas Instruments Incorporated, Copyright W 1999.
- [4] Rashid, M. H., "Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993.

$$(4.2)$$